Цена 65 коп.



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Москва, Шлюзован набережная, дом 10

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

под общей редакцией А. И. Берга

ПЕЧАТАЮТСЯ
И В БЛИЖАЙШЕЕ ВРЕМЯ
ПОСТУПЯТ В ПРОДАЖУ

В. К. АДАМСКИЙ и А. В. КЕРШАКОВ. Приемные антенны.

Радиолюбительская измерительная аппаратура. (Экспонаты 6-й Всесоюзной заочной радиовыставки).

Аппаратура звукозаписи. (Экспонаты 6-й Всесоюзной заочной радиовыставки).

Аппаратура для налаживания приемников. (Экспонаты 6-й Всесоюзной заочной радиовыставки).

К. И. ДРОЗДОВ. Радиолампы отечественного производства.

В. К. ЛАБУТИН. Наглядные пособия по радиотехнике.

Книга предназначена для руководителей радиолюбительских кружков, преподавателей радиотехники различных курсов. Значительная часть описываемых в книге пособий представлена в виде чертежей оригинальных действующих макетов, весьма наглядно объясняющих важнейшие явления в электро- и радиотехнике, и принципы работы некоторых схем. При описании каждого пособия даются необходимые указания по его изготовлению и краткие методические замечания по использованию на занятиях.

И. И. СПИЖЕВСКИЙ. Батареи и аккумуляторы.

Ф. И. ТАРАСОВ. Как построить выпрямитель.

Д. А. КОНАЩИНСКИЙ. Электрические фильтры.

Е. М. ФАТЕЕВ. Как сделать самому ветроэлектрический агрегат.

Р. М. МАЛИНИН. Простейшие измерительные приборы.

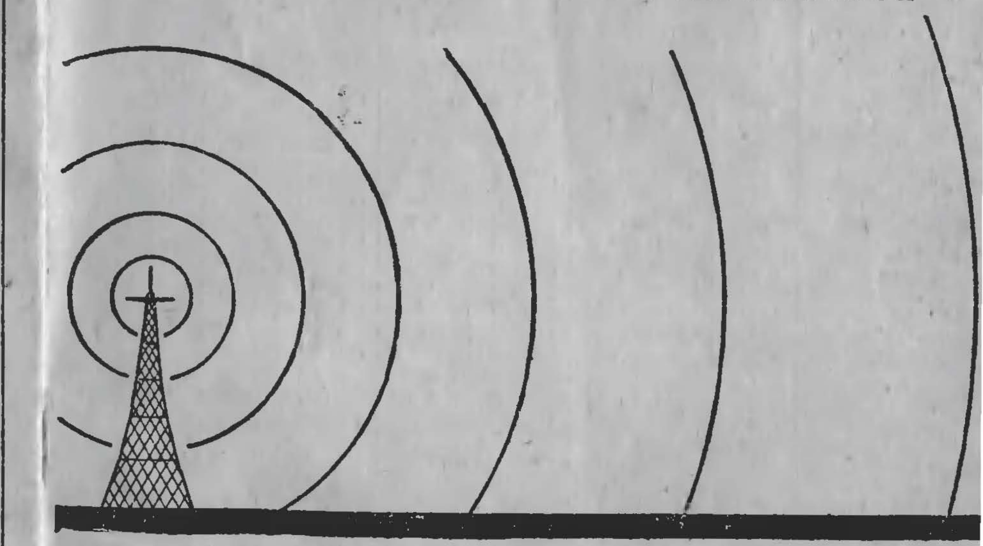
Р. М. МАЛИНИН. Самодельные омметры и авометры.

А. Я. КЛОПОВ. Путь в телевидение.

МАССОВАЯ РАДИО-БИБЛИОТЕКА

Г. А. СНИЦЕРЕВ

РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРА ПО НОМОГРАММАМ



ГЭИ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Данные фабричных силовых трансформаторов

Тип трансформатора	Сечение сердечника в $см^2$	Сетевая обмотка: число витков	Сетевая обмотка: марка и диаметр провода в *мм*	Сетевая обмотка: напряжение сети в *в*	Номинальная мощность, *вт*
СИ-235[1]	6,5	760×2+116	ПЭ-0,35+ПЭ-0,44	110—127—220	38
ЭЧС-2	10	550×2+50	ПЭ-0,44+ПЭ-0,55	110—120—220	70
ЭЧС-3[1]	8	690×2+62	ПЭ-0,44+ПЭ-0,55	110—120—220	55
ЭЧС-4[1]	12,5	400×2+70	ПЭ-0,44+ПЭ-0,59	110—127—220	100
ЭКЛ-4	7,5	760×2+80+75	ПЭ-0,41+ПЭ-0,55	100—110—120—220	60
ЭКЛ-34 ст.	7,5	(510+45+45)×2	ПЭ-0,55	120—220	60
ЭКЛ-34 нов.[1,2]	8	520×2+80	ПЭ-0,41	110—127—220	60
ЦРЛ-10[1]	8	520×2×80	ПЭ-0,44	110—127—220	60
Т-35[3]	10	500×2+50×2	ПЭ-0,35	100—110—120—220	60
Т-37	11,2	550×2+85	ПЭ-0,35+ПЭ-0,55	110—127—220	100
5НР-3[1]	11	(520+80)×2	ПЭ-0,41	110—127—220	70
СВД-1	23,6	232×2+36	ПЭ-0,51+ПЭ-0,72	110—127—220	120
СВД-М	23,6	232×2+36	ПЭ-0,51+ПЭ-0,72	110—127—220	120
СВД-9 ст.	20,8	300×2+46	ПЭ-0,51+ПЭ-0,72	110—127—220	100
СВД-9 нов.	21,1	240×2+37	ПЭ-0,44+ПЭ-0,57	110—127—220	100
6Н-1 ст.[1]	13	(359+55)×2	ПЭ-0,33	110—127—220	70
6Н-1 нов.[1]	11,5	(400+60)×2	ПЭ-0,33	110—127—220	70
Д-11[1]	25	201+31+171	ПЭ-0,55	110—127—220	100
ПУУ-25	23,6	232×2+36	ПЭ-0,59+ПЭ-0,8	110—127—220	150
З-да „РФ"[1,2,3]	10	550×2+50	ПЭ-0,41+ПЭ-0,57	110—120—220	70
МС-1[1,3]	11	515×2+80	ПЭ-0,4+ПЭ-0,52	110—127—220	70
МС-2[1]	11	515×2+80	ПЭ-0,55+ПЭ-0,75	110—127—220	100
Т-3	10	650	ПЭ-0,65	120	70
ТС-6[6]	12,5	495+80	ПЭ-0,65	110—127	80
ТС-8[6]	12,5	990	ПЭ-0,5	220	80
ТС-9	6	1 060	ПЭ-0,33	110	25
ТС-12	12	510+55	ПЭ-0,59	110—120	75
ТС-14	7,5	810+90	ПЭ-0,46	110—120	37
ТС-22	13,5	420×2+45	ПЭ-0,44+ПЭ-0,59	110—120—220	120
ТС-25	7	620+62+62	ПЭ-0,44	100—110—120	25
ТС-26[1]	6	1 000	ПЭ-0,33	110	20
ТС-27[4]	22,5	214×2	ПЭ-0,75	110—220	160
ТС-28[5]	15	376×2+34	ПЭ-0,59+ПЭ-0,8	110—120—220	—
ТС-29[1,3]	14	384×2+36	ПЭ-0,58+ПЭ-0,8	110—120—210—230	120
ТС-39[1,3]	10	550×2+85	ПЭ-0,41+ПЭ-0,57	110—127—220	70
ТС-75[3,6]	11,2	430+43+43	ПЭ-0,8	100—110—120	75
РСТ-100[3]	12	350×2+144	ПЭ-0,47+ПЭ-0,64	90—127, 180—220	100
ТС-100[3,6]	14	350×35+35	ПЭ-0,85	100—110—120	120
завода[2] „Мосрадио"	11	530×2+82	ПЭ-0,35+ПЭ-0,45	110—127—220	60

[1] Трансформатор имеет экранную обмотку.
[2] Сердечник собран на Г-образном железе.
[3] Трансформатор имеет отдельную обмотку для лампочек освещения шкалы.
[4] Мощный трансформатор для питания анодов ламп усилителей, передатчиков.
[5] Мощный трансформатор накала. Всего обмоток накала пять. Три обмотки по 14 витков проводом 1,5 *мм* дают по 4 *в*, одна обмотка в 21 виток из того же провода дает 6 *в*, одна обмотка в 21 виток из провода 1,9 *мм* дает также 6 *в*.
[6] Обмотки трансформаторов—галетного типа.

Таблица заимствована из «Справочника по радиотехнике» Г. Г. Гинкина, Госэнергоиздат, 1948.

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА *А. И. БЕРГА*

Выпуск 15

Г. А. СНИЦЕРЕВ

РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРА ПО НОМОГРАММАМ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1949 ЛЕНИНГРАД

Брошюра знакомит радиолюбителей с номограммами и излагает простой графический метод расчета трансформатора.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Силовой трансформатор очень важная деталь в современной радиоаппаратуре. Почти в любом устройстве, питаемом от сети переменного тока: приемнике, передатчике, усилителе или телевизоре, мы встретим один или несколько трансформаторов, работающих в выпрямительных частях этих устройств.

Не всегда можно приобрести трансформатор, по своим данным полностью подходящий для применения его в том или другом устройстве. Для самостоятельного изготовления трансформатора необходимо расчетным путем определить ряд его данных: сечение и тип сердечника, число витков обмоток, диаметр провода, которым нужно намотать эти обмотки, и т. д.

Существует несколько методов расчета трансформаторов. Для всех этих методов исходными для расчета данными являются магнитные свойства стали, применяемой для сердечника трансформатора. Такими данными радиолюбитель обычно не располагает. Поэтому в любительских условиях нет смысла применять какой-либо точный метод расчета, так как все равно в основу его кладутся очень приближенные данные относительно стали для сердечника. Приближенный метод расчета позволяет определить все необходимые для изготовления трансформатора данные с совершенно достаточной для практики точностью. Расчет по этому методу доступен каждому, кто знаком с началами алгебры, но он несколько громоздок. Поэтому для облегчения расчета автором построены номограммы, позволяющие производить его графически и почти полностью избежать вычислений.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, трансформатор служит для преобразования напряжения и силы переменного тока. Всякий трансформатор состоит из сердечника листовой стали, на котором расположены обмотки: первичная, к которой подводится подлежащее преобразованию напряжение, и одна или несколько вторичных, с которых снимаются преобразованные напряжения и токи.

Напомним, что напряжение между концами любой из вторичных обмоток будет больше (или меньше) напряжения между концами первичной обмотки во столько раз, во сколько вторичная обмотка имеет больше (или меньше) витков, чем первичная. Если, например, первичная обмотка трансформатора имеет 500 витков и включена в сеть с напряжением в 110 *в*, а вторичная обмотка имеет 2 000 витков (в 4 раза больше, чем первичная), то напряжение на концах ее будет равно 440 *в*, т. е. в 4 раза больше, чем напряжение на концах первичной обмотки.

Заметим еще одно обстоятельство. Если первичная обмотка, имеющая 500 витков, включена в сеть с напряжением 110 *в*, то на каждый вольт напряжения приходится 4,55 витка. Напряжение на концах вторичной обмотки этого трансформатора, имеющей 2 000 витков, получится равным 440 *в*, следовательно, на каждый вольт напряжения придется тоже 4,55 витка.

Число витков на вольт является для каждого данного трансформатора величиной постоянной и зависит от площади сечения его сердечника.

Зная число витков на вольт, нетрудно подсчитать число витков любой обмотки для получения на ее концах заданного напряжения.

Для этого нужно перемножить число витков на вольт на

величину напряжения, которое мы желаем получить между концами обмотки. Если при этом число витков получится дробным, то его нужно округлить до ближайшего большего целого числа.

Ток во вторичной обмотке трансформатора будет во столько раз больше (или меньше) тока в его первичной обмотке, во сколько раз вторичная обмотка имеет меньше (или больше) витков. Если, например, через первичную обмотку трансформатора проходит ток силою в 1 *а*, а число витков в этой обмотке 500, то ток во вторичной обмотке, имеющей 50 витков (в 10 раз меньше, чем в первичной), будет в 10 раз больше тока в первичной обмотке, т. е. сила тока во вторичной обмотке будет равна 10 *а*.

В соответствии с силой тока, которую отдает в нагрузку та или иная обмотка, выбирается диаметр провода, которым эта обмотка должна быть намотана. Дело в том, что ток, проходящий по проводу обмотки, нагревает его тем сильнее, чем больше его сопротивление (т. е. чем меньше его диаметр). Помимо того, что чрезмерное повышение температуры трансформатора опасно для изоляции его обмоток, на нагрев провода бесполезно расходуется часть мощности, потребляемой трансформатором из сети. Считается нормальным, если через каждый квадратный миллиметр поперечного сечения провода проходит ток силою от 1,5 до 2 *а* (в зависимости от мощности трансформатора). Количество ампер, приходящихся на 1 $мм^2$ поперечного сечения провода, называется плотностью тока.

Таблица 1

Плотность тока для трансформаторов различной мощности

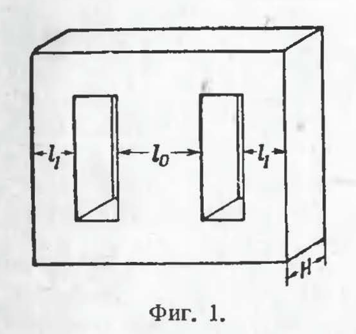
Мощность трансформатора в *вт*	Плотность тока в $а/мм^2$
До 50	2
50—100	1,8
100—300	1,5

Средние нормы плотности тока для трансформаторов различных мощностей даны в табл. 1. Плотность тока может быть взята и несколько большей, чем указано в таблице, если условия для охлаждения трансформатора хорошие, но следует помнить правило: лучше несколько недогрузить обмотку, чем перегрузить ее.

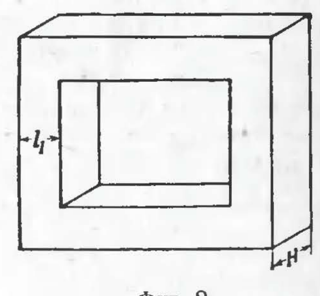
Кроме того, обмотки трансформатора должны быть надежно изолированы друг от друга и от сердечника.

Обычно обмотки выполняются проводом в эмалевой изоляции, так как размеры трансформатора получаются при этом минимальными. Но при самостоятельном изготовлении, особенно при отсутствии опыта в выполнении обмоток, лучше пойти на некоторое увеличение размеров и для сетевой и особенно для повышающей обмотки применять провод с изоляцией более надежной, чем эмалевая (например: ПБД, ПШД, ПЭШО). Для накальных обмоток можно применять провод с любой изоляцией.

В многослойных обмотках между соседними слоями следует применять изоляционные прокладки из парафинированной бумаги (от испорченных конденсаторов). Прокладки из писчей или папиросной бумаги следует пропитывать каким-либо изоляционным лаком или парафином.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Для изоляции обмоток друг от друга лучше всего применять кембриковое полотно (2—3 слоя), можно также применять и парафинированную бумагу (5—8 слоев). Особенно тщательно нужно изолировать обмотку накала кенотрона, так как она находится под полным анодным напряжением. Выводы концов обмоток удобно делать мягким многожильным проводом. Выводы следует тщательно изолировать от обмоток с помощью кембриковой трубки или ленты (кембриковой или из парафинированной бумаги).

Обмотки трансформатора располагаются на сердечнике из стали. Сердечники трансформаторов иногда называют магнитопроводами, так как по ним проходит магнитный поток, создаваемый обмотками. Для более мощных трансформаторов требуется больший магнитный поток, поэтому сечение сердечника их должно быть большим. Различают сердечники с разветвленным и неразветвленным магнитным потоком (фиг. 1 и 2). Сердечники с разветвленным магнитным потоком обла-

дают некоторыми преимуществами по сравнению с сердечниками с неразветвленным потоком.

Проходящий через сердечник трансформатора магнитный поток изменяется так же, как и переменный ток в сети, к которой подключен трансформатор. Переменный магнитный поток периодически намагничивает и размагничивает сердечник, на что бесполезно расходуется некоторая часть потребляемой трансформатором из сети мощности, величина которой зависит от качества стали, из которой изготовлен сердечник: для специальных сортов трансформаторной стали требуется меньшая мощность, для жести и кровельной стали — бо̀льшая. Энергия, затрачиваемая на перемагничивание, выделяется в виде тепла, и нагревает сердечник. Кроме того, в сердечнике трансформатора возникают еще переменные токи (токи Фуко), которые так же вызывают его нагрев, на что бесполезно расходуется часть мощности, потребляемой из сети. Для уменьшения потерь на токи Фуко сердечники трансформаторов делают из большого количества тонких изолированных друг от друга пластин, что увеличивает его сопротивление для этих токов. Кроме того, нужно изолировать от сердечника стягивающие его болты, в противном случае они могут замкнуть между собой листы сердечника.

Мощность, которую забирает из сети первичная обмотка трансформатора, делится на две части: полезную и бесполезную. Полезная часть мощности расходуется в различных цепях, на которые нагружены вторичные обмотки; другая часть мощности расходуется на преодоление потерь в проводах обмоток и сердечнике трансформатора. Следовательно, мощность, потребляемая первичной обмоткой трансформатора из сети, больше полезной мощности, отдаваемой всеми его вторичными обмотками. Отношение величины, отдаваемой трансформатором полезной мощности, к величине всей мощности, потребляемой им из сети, называется коэффициентом полезного действия (к. п. д.) трансформатора. Чем меньше потери, тем выше к. п. д. трансформатора.

У трансформаторов, применяемых в радиоаппаратуре, к. п. д. бывает порядка 0,75—0,9 (75—90%). Коэффициент полезного действия трансформатора при расчете методом, описываемым ниже, принят равным 80%.

О РАСЧЕТАХ ПО НОМОГРАММАМ

Прежде, чем приступить к расчету трансформатора, кратко поясним, что такое номограмма и как ею пользоваться.

Номограммы представляют собою графическое изображение тех или иных формул и дают возможность производить расчеты, не прибегая к процессу вычисления. От обычных, хорошо знакомых читателю графиков номограммы отличаются тем, что они дают возможность производить расчеты при любых комбинациях величин, входящих в формулу, в то время как график должен строиться особо для каждого отдельного случая. На фиг. 3, например, графически изображена зависимость между напряжением на концах сопротивления и силой проходящего через него тока (закон Ома). На графике мы видим ряд кривых, проведенных для различных напряжений. Для того, чтобы определить, какой силы ток будет протекать через сопротивление, скажем, в 8 *ом* при напряжении на его концах в 4 *в*, нужно отыскать на горизонтальной оси точку, соответствующую сопротивлению в 8 *ом*, и из этой точки провести вертикальную линию до пересечения ее с кривой, построенной для напряжения в 4 *в*, а из этой точки провести горизонтальную линию до пересечения ее с вертикальной осью, на которой и прочесть ответ: 0,5 *а*. Как видно из чертежа, график дает возможность определять силу тока не при любых значениях напряжения, а только при тех, для которых на нем проведены соответствующие линии (в нашем случае для 2, 4, 6 и 8 *в*).

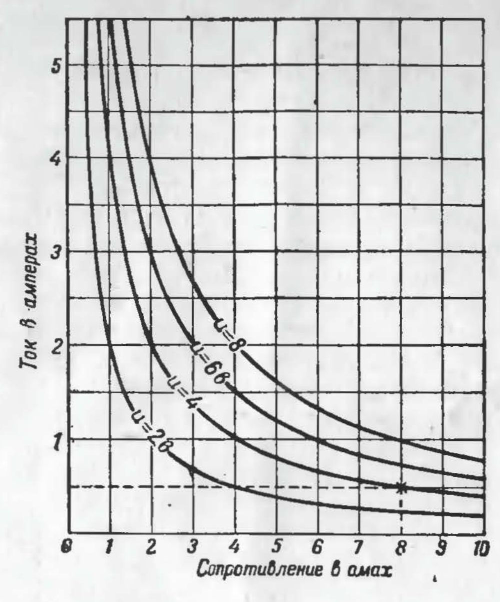
На фиг. 4 приведена номограмма, построенная для той же зависимости, что и график на фиг. 3.

Чтобы с помощью этой номограммы решить предыдущую задачу, нужно соединить прямой линией соответствующие пометки на шкалах для напряжения и сопротивления и на средней шкале прочесть ответ. Так как шкалы номограммы представляют собою ряд значений величин, входящих в формулу, никаких дополнительных построений для определения любых промежуточных значений этих величин не требуется.

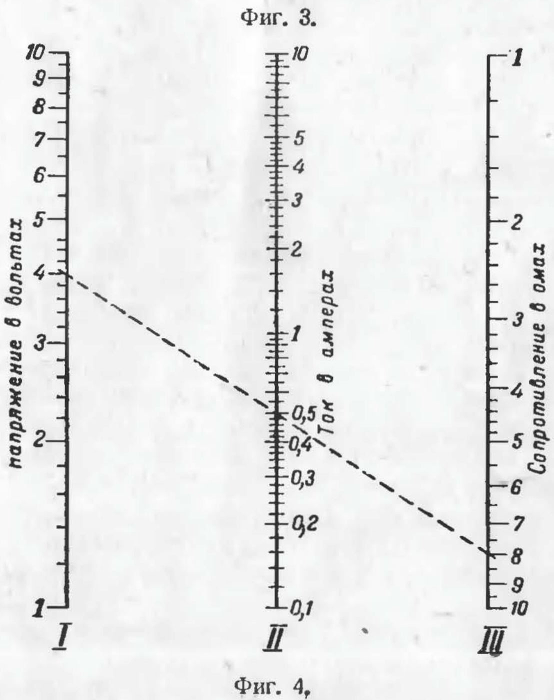
Часто бывает необходимо изобразить с помощью номограммы зависимость между четырьмя и более величинами. В этом случае иногда бывает удобно объединить номограмму с графиком (фиг. 5).

Изображенная на фиг. 5 номограмма позволяет определить площадь, которую займет в окне трансформатора обмотка, выполненная проводом той или иной марки и диаметра, в зависимости от числа витков.

Левая часть номограммы представляет собою график, с помощью которого определяется число витков на 1 *см*² площади окна в зависимости от марки и диаметра провода.



Фиг. 3.

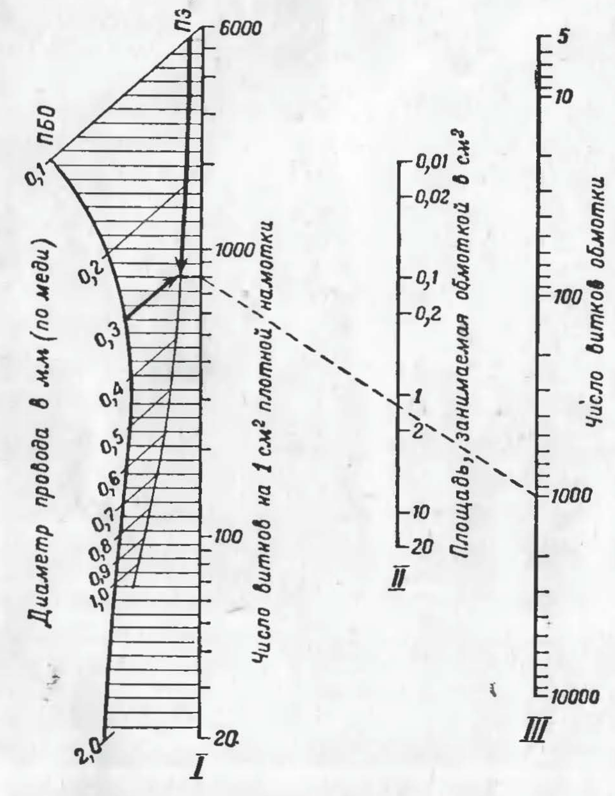


Фиг. 4.

Вертикальная шкала является ответной шкалой для графика и первой шкалой номограммы уже известного читателю типа.

Пользуются номограммой так, как показано на фиг. 5. На графике отыскивается точка пересечения кривой для марки данного провода с линией для его диаметра и из этой точки проводится горизонтальная прямая до пересечения ее с шкалой I, на которой нанесены значения числа витков на 1 *см*² площади окна трансформатора. Далее пользуются номограммой уже известным нам способом: проводят линию, соединяющую точку числа витков на 1 *см*² (шкала I) с точкой, соответствующей числу витков обмотки (шкала III), и в точке пересечения проведенной линии со шкалой II читают ответ.

При пользовании номограммами нужно научиться правильно отсчитывать величины, нанесенные на их шкалах. Прежде



Фиг. 5.

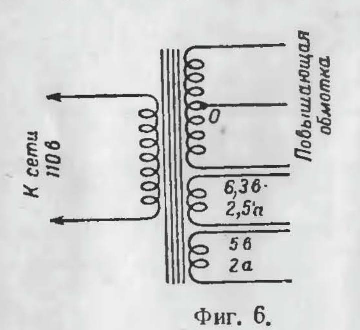
всего нужно обратить внимание на то, в какую сторону на шкале номограммы возрастают значения этих величин (вверх или вниз). Затем нужно определить приращение величины, соответствующее промежутку между двумя рисками, проведенными рядом (цена деления). Это приращение не остается постоянным, а изменяется в зависимости от изменения величины. Например, на шкале I (фиг. 4) значение напряжения возрастает снизу вверх; цена деления на участке от 1 до 5 *в* равна 0,2 (промежуток в 1 *в* разбит на пять частей), а на шкале III значения сопротивления возрастают сверху вниз при той же цене деления, что и на шкале I.

При пользовании номограммами проводить на них линии так, как мы это делали, не обязательно. Достаточно просто приложить линейку к соответствующим пометкам на шкалах номограммы. Положение линейки определит точку пересечения прямой с искомой точкой на ответной шкале. Лучше всего пользоваться для этой цели тонкой целлулоидной линейкой.

РАСЧЕТ ТРАНСФОРМАТОРА

Цель расчета трансформатора заключается в определении всех необходимых для его изготовления данных:

а) сечения сердечника и типа пластин;
б) числа витков каждой из обмоток;
в) диаметра и марки провода, которым нужно намотать эти обмотки.



Фиг. 6.

Все эти данные зависят прежде всего от мощности трансформатора. Мощность же трансформатора зависит от действующих величин напряжения и тока в его вторичных обмотках, следовательно, для расчета должны быть заданы величины напряжений и токов в обмотках трансформатора.

Покажем на конкретном примере, как производится расчет. Пусть требуется рассчитать трансформатор со следующими данными: величина выпрямленного напряжения (до фильтра) — 250 *в*, выпрямленный ток — 100 *ма*, обмотка накала ламп должна давать напряжение в 6,3 *в* при токе в 2,5 *а*, обмотка накала кенотрона — 5 *в* при токе в 2 *а*, напряжение сети — 110 *в*. Схема трансформатора изображена на фиг. 6.

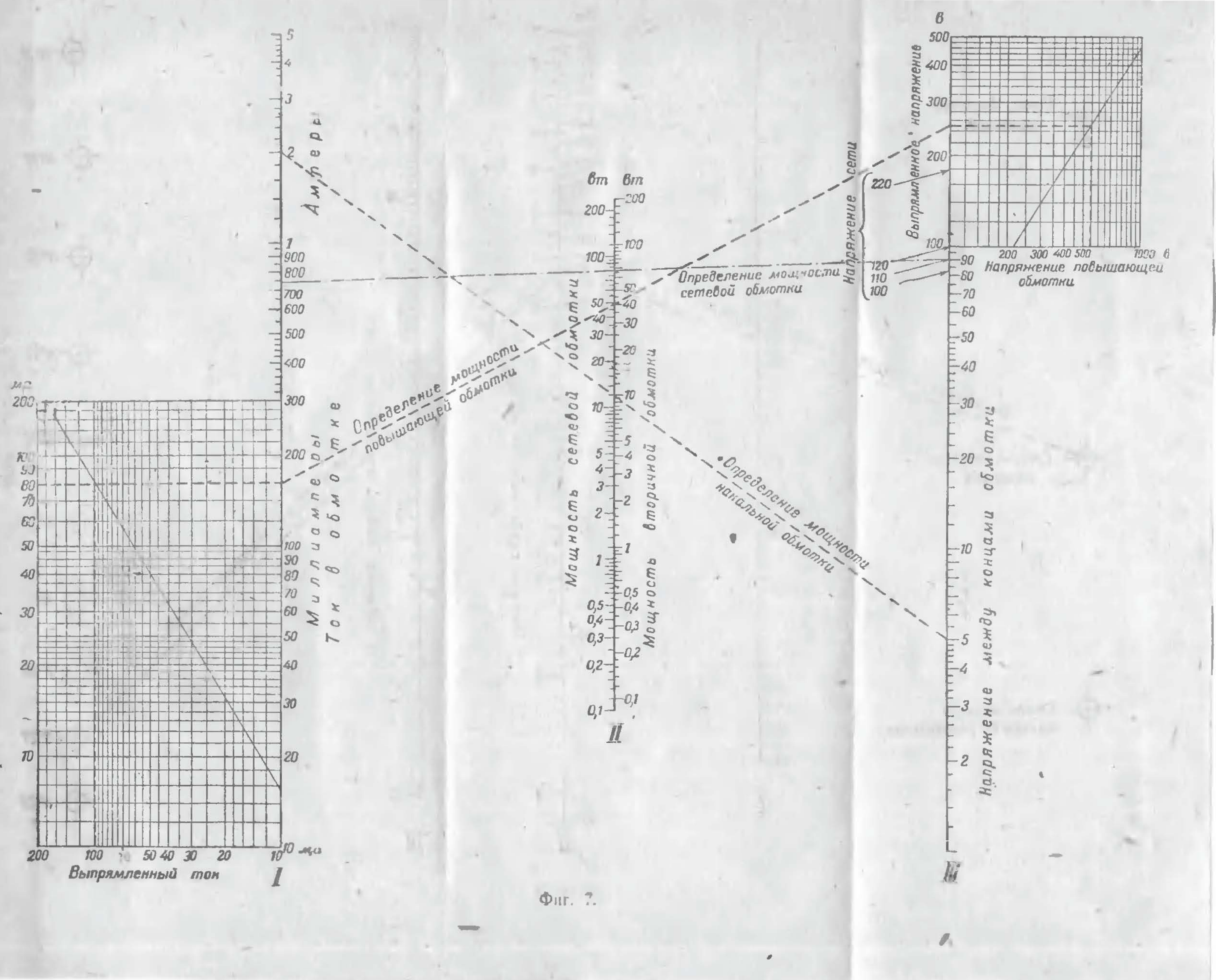
Таблица 2

Таблица результатов расчета

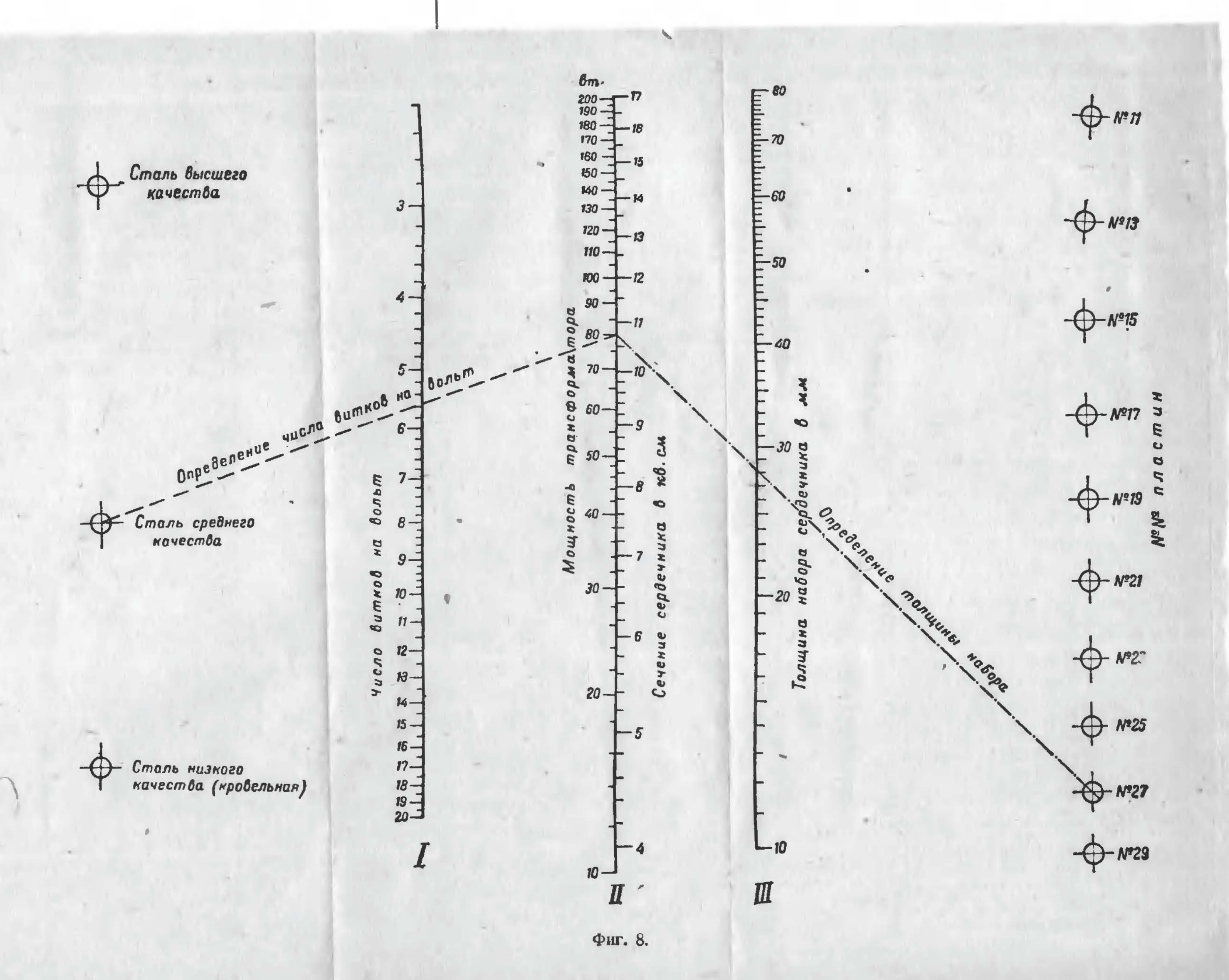
Обмотка	Выпрям. напряжение в *в*	Выпрям. ток в *ма*	Напряжение в *в*	Ток	Мощность в *вт*	Число витков	Диаметр и марка провода	Площадь, занимаемая обмоткой, в *см²*	
Сетевая	—	—	110	730 *ма*	80	605	0,7 ПЭ	3,7	Сечение сердечника — 10,7 *см²*.
Повышающая	250	100	550	80 *ма*	40	2×1 510 (3 020)	0,24 ПЭ	2,5	№ пластины — 27.
Накала ламп	—	—	6,5	2,5 *а*	16	35	1,3 ПЭ	0,8	Толщина набора — 28 *мм*.
Накала кенотрона . . .	—	—	5	2,0 *а*	10	28	1,2 ПЭ	0,6	Число витков на вольт — 5,5.

Всего . . . 7,6 *см²*

На неплотность намотки и изоляцию делаем накидку в 20%. Площадь окна тогда будет равна примерно 9 *см²*.


Сила тока, на которую рассчитывается диаметр провода повышающей обмотки
Выпрямленный ток
Миллиамперы
Ток в обмотке
Амперы
Определение мощности повышающей обмотки
Мощность сетевой обмотки
Мощность вторичной обмотки
Определение мощности сетевой обмотки
Определение мощности накальной обмотки
Напряжение сети
Выпрямленное напряжение
Напряжение повышающей обмотки
Напряжение между концами обмотки

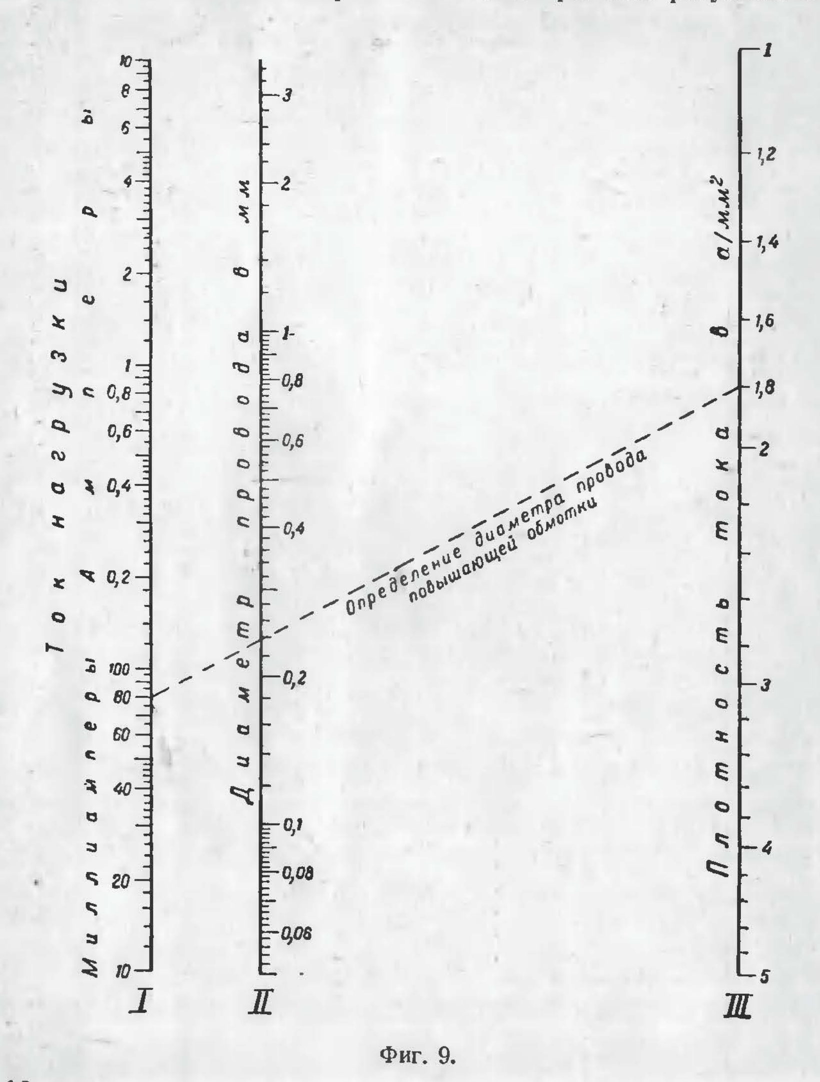
Фиг. 7.



Сталь высшего качества
Сталь среднего качества
Сталь низкого качества (кровельная)
Определение числа витков на вольт
Число витков на вольт
I
вт.
Мощность трансформатора
Сечение сердечника в кв. см
II
Толщина набора сердечника в мм
III
Определение толщины набора
№11
№13
№15
№17
№19
№21
№25
№27
№29
№№ пластин

Фиг. 8.

Имеется в виду схема двухполупериодного выпрямления, наиболее часто применяемая на практике. Перед началом расчета нужно приготовить таблицу (табл. 2), в которую заносятся исходные данные: величины выпрямленного напряжения и тока и величины напряжений и токов в накальных обмотках, а затем в нее заносят полученные в ходе расчета результаты.



Фиг. 9.

Расчет начинается с определения мощности, потребляемой всеми обмотками трансформатора, для чего пользуются номограммой фиг. 7.

Мощность в повышающей обмотке определяется следующим образом. На горизонтальной шкале графика в левом нижнем углу номограммы находят точку, соответствующую величине выпрямленного тока. Из этой точки проводят вертикальную линию до пересечения ее с наклонной линией на графике, откуда проводят вправо горизонтальную линию до пересечения со шкалой номограммы I (вертикальная шкала графика).

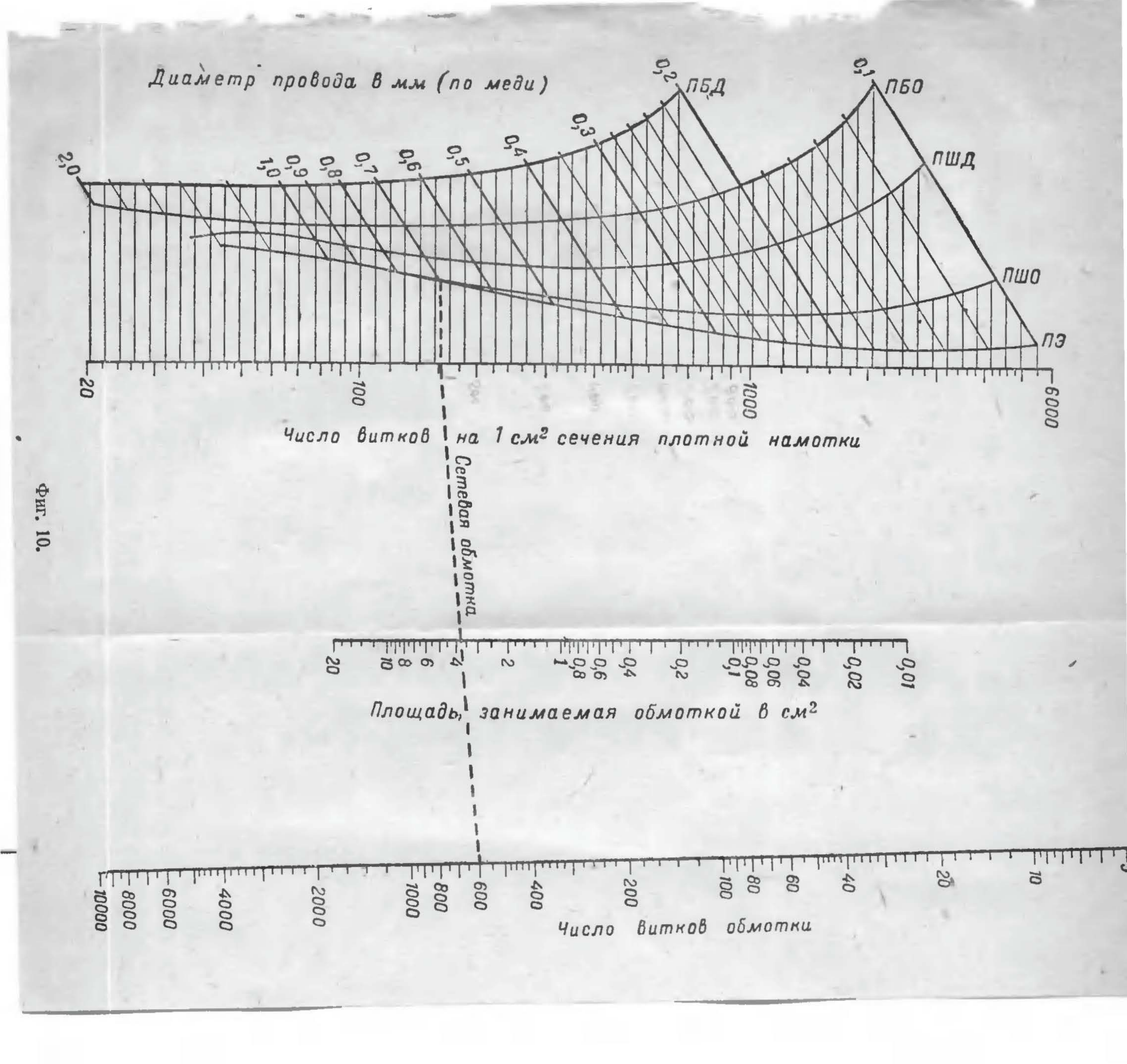
Из точки пересечения горизонтальной линии со шкалой I проводят линию до пересечения ее с точкой, соответствующей величине выпрямленного напряжения на шкале III. Искомая мощность отсчитывается на правой стороне шкалы II (в нашем случае она равна 40 *вт*). На горизонтальной шкале графика в правом верхнем углу номограммы находят напряжение, которое должна давать вся повышающая обмотка; на левой шкале графика, в левом нижнем углу номограммы, находят величину силы тока, на которую нужно рассчитывать диаметр провода повышающей обмотки (в нашем примере 550 *в* и 80 *ма*).

Для определения мощностей, потребляемых накальными обмотками, проводят линию, соединяющую точку, соответствующую силе тока в обмотке (шкала I), с точкой, соответствующей величине напряжения, даваемого обмоткой (шкала III). Ответ читается в точке пересечения со шкалой II на правой стороне ее. (В нашем примере мощность, потребляемая обмоткой накала ламп, равна 16 *вт* и обмоткой накала кенотрона — 10 *вт*).

Полученные данные заносим в соответствующие графы табл. 2.

Мощность, потребляемая всеми вторичными обмотками определяется путем суммирования мощностей, потребляемых каждой обмоткой, в нашем примере она равна 66 *вт*. Точка, соответствующая величине этой общей мощности вторичных обмоток, наносится на правую сторону шкалы II и по левой ее стороне, в этой же точке, определяется мощность, потребляемая сетевой обмоткой (в нашем примере 80 *вт*).

Сила тока в первичной обмотке находится следующим образом. Из точки, соответствующей напряжению сети (шкала III), через точку, соответствующую мощности, потребляемой первичной обмоткой (левая сторона шкалы II), проводится


Диаметр провода в мм (по меди)
ПБД
ПБО
ПШД
ПШО
ПЭ
2,0
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
20
100
1000
6000
Число витков на 1 см² сечения плотной намотки
Сетевая обмотка
20
10
8
6
4
2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
0,01
Площадь, занимаемая обмоткой в см²
10000
8000
6000
4000
2000
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
20
10
Число витков обмотки

Фиг. 10.

линия до пересечения со шкалой I, на которой читается ответ (для нашего примера 730 *ма*).

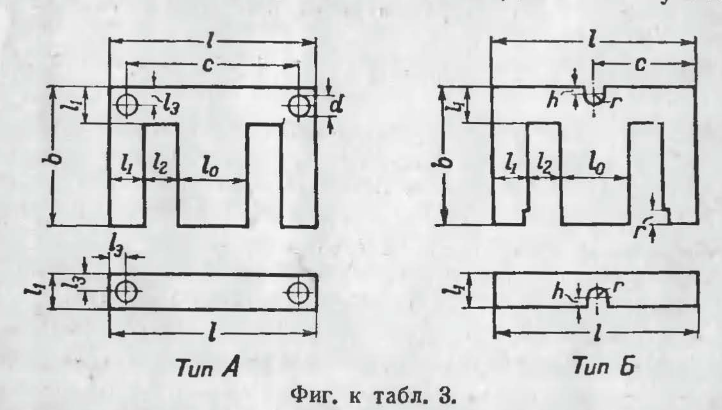
Итак, мы нашли мощность, потребляемую трансформатором из сети, силу тока в первичной обмотке, напряжение в повышающей обмотке и силу тока в ней. Все остальные величины, необходимые для расчета, были даны нам ранее.

Для определения числа витков каждой из обмоток и сечения сердечника в зависимости от его качества и мощности трансформатора пользуются левой частью номограммы фиг. 8. Пользование номограммой настолько просто, что не требует пояснений. Число витков на вольт для нашего трансформатора при стали среднего качества получается равным 5,5; сечение сердечника — 10,7 *см²*.

Число витков каждой из обмоток находится простым перемножением числа вольт, которое должна давать обмотка, на число витков на вольт. Обмотки нашего трансформатора имеют следующее число витков: сетевая 110×5,5 = 605, повышающая 550×5,5 = 3 020 (с отводом от 1 510 витка), накала ламп 6,3×2,5=35, накала кенотрона 5×5,5=28.

Диаметр провода, которым нужно намотать обмотки, находится по номограмме фиг. 9, пользование которой аналогично пользованию номограммой, изображенной на фиг. 4. Плотность тока выбирается по табл. 1 в зависимости от мощности трансформатора. Провод для обмоток нашего трансформатора должен быть взят следующих диаметров: для сетевой обмотки 0,7 *мм*, для повышающей 0,24 *мм*, для обмотки накала ламп 1,3 *мм*, накала кенотрона 1,2 *мм* (при плотности тока в 1,8 *а/мм²*). Все обмотки мотаются проводом марки ПЭ.

Теперь остается выбрать тип пластин, для чего нужно оп-



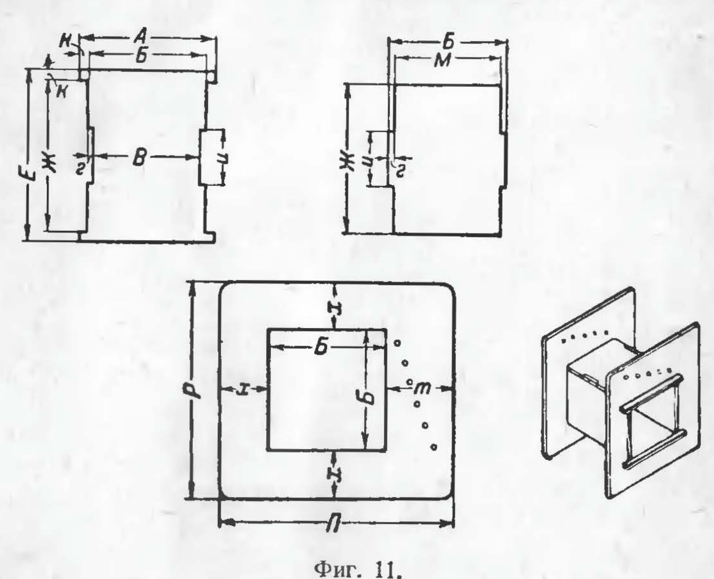
Фиг. к табл. 3.

Таблица 3.

Данные пластин для трансформаторных сердечников и каркасов для них

Тип	№ пластин: Ш-образные	№ пластин: Прямые	Размеры элементов пластин в мм: l_0	l	b	l_1	l_2	c	l_3	d	r	h	Размеры элементов каркаса в мм (фиг. 7) (для сердечника квадратного сечения): А	Б	В	Г	Е	Ж	И	x	к	М	П	Р	m	Площадь для намотки в см²
Тип Б	11	12	22	66	44	11	11	55	5,5	4	—	—	29	25	23	1,0	36	32	12	9,5	2,0	23	47	43	12,5	3,04
	13	14	24	72	48	12	12	60	6,0	5	—	—	31	27	25	1,0	39	35	13	10,5	2,0	25	51	48	13,5	3,68
	15	16	26	78	52	13	13	65	6,5	5	—	—	33	29	27	1,0	42	38	14	11,5	2,0	27	55	52	14,5	4,36
	17	18	28	84	56	14	14	70	7,0	5	—	—	35	31	29	1,0	45	41	15	12,5	2,0	29	59	56	15,5	5,12
	19	20	30	90	60	15	15	75	7,5	5	—	—	37	33	31	1,0	48	44	16	13,5	2,0	31	63	60	16,5	5,95
	21	22	32	96	64	16	16	80	8,0	5	—	—	42	36	33	1,5	53	47	18	14,0	3,0	33	67	64	17,0	6,59
	23	24	34	102	68	17	17	85	8,5	6	—	—	44	38	35	1,5	56	50	19	15,0	3,0	35	71	68	18,0	7,5
	25	26	36	108	72	18	18	90	9,0	6	—	—	46	40	37	1,5	59	53	20	16,0	3,0	37	75	72	19,0	8,48
	27	28	38	114	76	19	19	95	9,5	6	—	—	51	43	39	2,0	64	56	21	16,5	4,0	39	79	76	19,5	9,25
	29	30	40	120	80	20	20	100	10	6	—	—	53	45	41	2,0	67	59	22	17,5	4,0	41	83	80	20,5	10,22
Тип В	31	32	22	66	44	11	11	33	—	—	2,0	2,5	29	25	23	1,0	36	32	12	9,5	2,0	23	47	43	12,5	3,04
	33	34	24	72	48	12	12	36	—	—	2,5	3,0	31	27	25	1,0	39	35	13	10,5	2,0	25	51	48	13,5	3,68
	35	36	26	78	52	13	13	39	—	—	2,5	3,0	33	29	27	1,0	42	38	14	11,5	2,0	27	55	52	14,5	4,36
	37	38	28	84	56	14	14	42	—	—	2,5	3,0	35	31	29	1,0	45	41	15	12,5	2,0	29	59	56	15,5	5,12
	39	40	30	90	60	15	15	45	—	—	2,5	3,0	37	33	31	1,0	48	44	16	13,5	2,0	31	63	60	16,5	5,95
	41	42	32	96	64	16	16	48	—	—	2,5	3,0	42	36	33	1,5	53	47	18	14,0	3,0	33	67	64	17,0	6,59
	43	44	34	102	68	17	17	51	—	—	3,0	4,0	44	38	35	1,5	56	50	19	15,0	3,0	35	71	68	18,0	7,5
	45	46	36	108	72	18	18	54	—	—	3,0	4,0	46	40	37	1,5	59	53	20	16,0	3,0	37	75	72	19,0	8,48
	47	48	38	114	76	19	19	57	—	—	3,0	4,0	51	43	39	2,0	64	56	21	16,5	4,0	39	79	76	19,5	9,25
	49	50	40	120	80	20	20	60	—	—	3,0	4,0	53	45	41	2,0	67	59	22	17,5	4,0	41	83	80	20,5	10,22

ределить площадь, которую займут обмотки в окне трансформатора. По номограмме фиг. 10 (как ею пользоваться, читатель уже знает из главы о номограммах) находим площади, занимаемые каждой из обмоток, и, просуммировав их, находим площадь, занимаемую всеми обмотками. Найденную площадь следует увеличить на 20—25% (на неплотность намотки и изоляцию между слоями и обмотками). Площадь, занимаемая обмотками нашего трансформатора, равна примерно 9 *см*².



Фиг. 11.

По табл. 3 подбираем пластины с соответствующей площадью окна (графа «Площадь для намотки»). Площадь для намотки определена для случая применения каркаса, изображенного на фиг. II.

Для сердечника нашего трансформатора берем пластины № 27 типа Б.

Последний этап расчета — определение толщины набора сердечника *H* (см. фиг. 1 и 2), что делается по правой стороне номограммы фиг. 8. Толщина набора для нашего случая равна 28 *мм*.

Редактор *В. А. Бурлянд* Техн. редактор *С. Н. Бабочкин*

Сдано в набор 16/XII 1948 г. Подписано к печати 15/III 1949 г.
Объем 1 п. л. + 2 вкл.. уч.-изд. л. 1,25. Формат бумаги 84×1 8¹/₃₂
А 03039. Тип. зн. 1 п. л. 40 000. Тираж 10 000. Заказ 1348.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Данные фабричных силовых трансформаторов

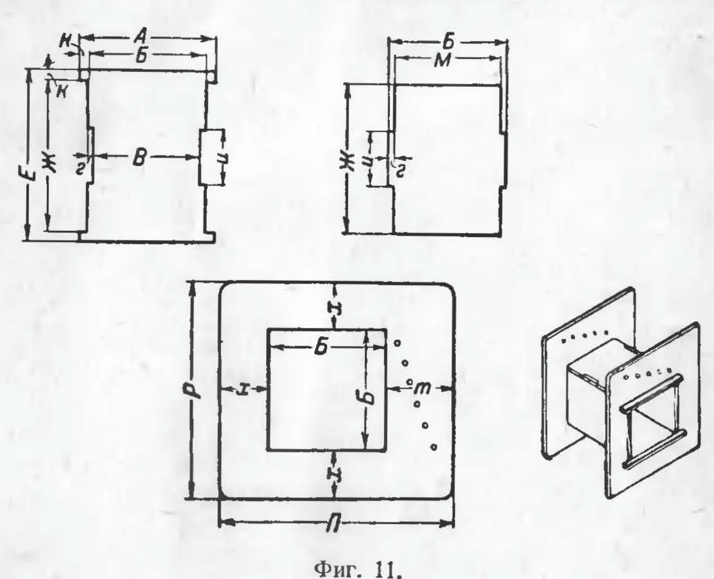
Продолжение

Тип трансформатора	Повышающая обмотка		Обмотка накала кенотрона		Обмотка накала ламп	
	число витков	марка и диаметр провода в *мм*	число витков	марка и диаметр провода в *мм*	число витков	марка и диаметр провода в *мм*
СИ-235[1]	2 280	ПЭ-0,21	29	ПЭ-0,55	16×2	ПЭ-1,0
ЭЧС-2	1 650×2	ПЭ-0,15	10×2	ПБД-1,25	10,5×2	ПБД-1,6
ЭЧС-3[1]	2 000×2	ПЭ-0,17	25	ПБД-1,25	13×2	ПБД-1,55
ЭЧС-4[1]	1 440×2	ПЭ-0,23	17,5	ПБД-1,25	9×2	ПБД-1,5
ЭКЛ-4	3 250×2	ПЭ-17	8,5×2	ПЭ-1,0	9,5×2	ПЭ-1,45
ЭКЛ-34 ст.	1 545×2	ПЭ-0,25	9,5×2	ПЭ-1,0	9,5×2	ПЭ-1,45
ЭКЛ-34 нов.[1,2]	1 580×2	ПЭ-0,18	19	ПЭ-1,0	9,5×2	ПЭ-1,45
ЦРЛ-10[1]	1 625×2	ПЭ-0,2	21	ПЭ-1,0	10,5×2	ПЭ-1,45
Т-35[3]	2 100×2	ПЭ-0,18	10×2	ПБО-1,2	10×2	ПБО-1,4
Т-37	1 850×2	ПЭ-0,16	10×2	ПЭ-1,0	10×2	ПЭ-1,5
5 НР-3[1]	1 580×2	ПЭ-0,18	19	ПЭ-1,0	19	ПЭ-1,45
СВД-1	780×2	ПЭ-0,25	11,5	ПЭ-1,4	6+8	ПЭ-1,25
СВД-М	550×2	ПЭ-0,27	11,5	ПЭ-0,9	6+8,5	ПЭ-1,45
СВД-9 ст.	930×2	ПЭ-0,25	15	ПЭ-0,9	8+11	ПЭ-1,4
СВД-9 нов.	735×2	ПЭ-0,25	12	ПЭ-0,8	6+9	ПЭ-1,25
6-Н-1 ст.[1]	1 060×2	ПЭ-0,16	18	ПЭ-0,93	23	ПЭ-1,0
6-Н-1 нов.[1]	1 170×2	ПЭ-0,16	20	ПЭ-0,93	26	ПЭ-0,98
Д-11[1]	710×2	ПЭ-0,18	10	ПЭ-1,0	7,5+5,5	ПЭ-1,0
ПУУ-25	620×2	ПЭ-0,33	11,5	ПЭ-1,35	14,5	ПЭ-1,35
З-да „РФ"[1, 2, 3]	1 650×2	ПЭ-0,2	19	ПЭ-1,0	20	ПБД-1,45
МС-1[1, 3]	1 360×2	ПЭ-0,17	19+5	ПЭ-1,1	19+11	1,5+1,1
МС-2[1]	1 340×2	ПЭ-0,23	19+5	ПЭ-1,1	19+11	ПЭ-1,5
Т-3	1 500×2	ПЭ-0,18	11×2	ПЭ-1,15	11×2	ПЭ-1,6
ТС-6[6]	1 450×2	ПЭ-0,25	20+5	ПЭ-1,1	20+11	ПВД-1,75
ТС-8[6]	1 450×2	ПЭ-0,24	20+5	ПЭ-1,1	20+11	ПБД-1,75
ТС-9	1 400×2	ПЭ-0,12	18×2	ПЭ-0,8	21×2	ПЭ-1,2
ТС-12	1 360×2	ПЭ-0,2	9,5×5	ПЭ-1,0	10×2	ПЭ-1,4
ТС-14	1 9[illegible]0×2	ПЭ-0,15	16×2	ПЭ-1,0	16,5×2	ПЭ-1,3
ТС-22	1 340×2	ПЭ-0,2	7,5×2	ПЭ-1,08	8×2	ПЭ-1,56
ТС-25	2 100×2	ПЭ-0,1	26	ПЭ-1,0	26	ПЭ-1,16
ТС-26[1]	2 700	ПЭ-0,12	37	ПЭ-0,8	20×2	ПЭ-1,04
ТС-27[4]	930×4	ПЭ-0,27	—	—	—	—
ТС-28[5]	—	—	См. примечание 5		—	—
ТС-29[1,3]	1 270×2	ПЭ-0,25	7×2	ПЭ-1,15	7,5×2	ПЭ-1,9
ТС-39[1,2]	1 650×2	ПЭ-0,18	21+5	ПЭ-1,0	22+11	ПЭ-1,45+ПЭ-1,0
ТС-75[3,6]	1 430×2	ПЭ-0,18	18	ПЭ-1,0	9×2	ПЭ-1,8
РСТ-100[3]	1 150×2	ПЭБО-0,25	18+4	ПЭ-1,0	18+9	ПЭ-1,45
ТС-100[3,6]	1 150×2	ПЭ-0,25	14	ПЭ-1,0	7×2	ПБД-2,5
завода[1] „Мосрадио"	1 600×2	ПЭ-0,15	20	ПЭ-1,0	20	ПЭ-1,0

[1] Трансформатор имеет экранную обмотку.
[2] Сердечник собран на Г-образном железе.
[3] Трансформатор имеет отдельную обмотку для лампочек освещения шкалы.
[4] Мощный трансформатор для питания анодов ламп усилителей, передатчиков.
[5] Мощный трансформатор накала. Всего обмоток накала пять. Три обмотки по 14 витков проводом 1,5 *мм* дают по 4 *в*, одна обмотка в 21 виток из того же провода дает 6 *в*, одна обмотка в 21 виток из провода 1,9 *мм* дает также 6 *в*.
[6] Обмотки трансформаторов—галетного типа.

Таблица заимствована из „Справочника по радиотехнике" Г. Г. Гинкина, Госэнергоиздат, 1948.

ределить площадь, которую займут обмотки в окне трансформатора. По номограмме фиг. 10 (как ею пользоваться, читатель уже знает из главы о номограммах) находим площади, занимаемые каждой из обмоток, и, просуммировав их, находим площадь, занимаемую всеми обмотками. Найденную площадь следует увеличить на 20—25% (на неплотность намотки и изоляцию между слоями и обмотками). Площадь, занимаемая обмотками нашего трансформатора, равна примерно 9 *см*².



Фиг. 11.

По табл. 3 подбираем пластины с соответствующей площадью окна (графа «Площадь для намотки»). Площадь для намотки определена для случая применения каркаса, изображенного на фиг. II.

Для сердечника нашего трансформатора берем пластины № 27 типа Б.

Последний этап расчета — определение толщины набора сердечника *H* (см. фиг. 1 и 2), что делается по правой стороне номограммы фиг. 8. Толщина набора для нашего случая равна 28 *мм*.

Редактор *В. А. Бурлянд* Техн. редактор *С. Н. Бабочкин*

Сдано в набор 16/XII 1948 г. Подписано к печати 15/III 1949 г.

Объем 1 п. л. + 2 вкл.. уч.-изд. л. 1,25. Формат бумаги 84×1 $8^1/_{32}$

А 03039. Тип. зн. 1 п. л. 40 000. Тираж 10 000. Заказ 1348.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Данные фабричных силовых трансформаторов

Продолжение

Тип трансформатора	Повышающая обмотка: число витков	Повышающая обмотка: марка и диаметр провода в *мм*	Обмотка накала кенотрона: число витков	Обмотка накала кенотрона: марка и диаметр провода в *мм*	Обмотка накала ламп: число витков	Обмотка накала ламп: марка и диаметр провода в *мм*
СИ-235[1]	2 280	ПЭ-0,21	29	ПЭ-0,55	16×2	ПЭ-1,0
ЭЧС-2	1 650×2	ПЭ-0,15	10×2	ПБД-1,25	10,5×2	ПБД-1,6
ЭЧС-3[1]	2 000×2	ПЭ-0,17	25	ПБД-1,25	13×2	ПБД-1,55
ЭЧС-4[1]	1 440×2	ПЭ-0,23	17,5	ПБД-1,25	9×2	ПБД-1,5
ЭКЛ-4	3 250×2	ПЭ-17	8,5×2	ПЭ-1,0	9,5×2	ПЭ-1,45
ЭКЛ-34 ст.	1 545×2	ПЭ-0,25	9,5×2	ПЭ-1,0	9,5×2	ПЭ-1,45
ЭКЛ-34 нов.[1,2]	1 580×2	ПЭ-0,18	19	ПЭ-1,0	9,5×2	ПЭ-1,45
ЦРЛ-10[1]	1 625×2	ПЭ-0,2	21	ПЭ-1,0	10,5×2	ПЭ-1,45
Т-35[3]	2 100×2	ПЭ-0,18	10×2	ПБО-1,2	10×2	ПБО-1,4
Т-37	1 850×2	ПЭ-0,16	10×2	ПЭ-1,0	10×2	ПЭ-1,5
5 НР-3[1]	1 580×2	ПЭ-0,18	19	ПЭ-1,0	19	ПЭ-1,45
СВД-1	760×2	ПЭ-0,25	11,5	ПЭ-1,4	6+8	ПЭ-1,25
СВД-М	550×2	ПЭ-0,27	11,5	ПЭ-0,9	6+8,5	ПЭ-1,45
СВД-9 ст.	930×2	ПЭ-0,25	15	ПЭ-0,9	8+11	ПЭ-1,4
СВД-9 нов.	735×2	ПЭ-0,25	12	ПЭ-0,8	6+9	ПЭ-1,25
6-Н-1 ст.[1]	1 060×2	ПЭ-0,16	18	ПЭ-0,93	23	ПЭ-1,0
6-Н-1 нов.[1]	1 170×2	ПЭ-0,16	20	ПЭ-0,93	26	ПЭ-0,98
Д-11[1]	710×2	ПЭ-0,18	10	ПЭ-1,0	7,5+5,5	ПЭ-1,0
ПУУ-25	620×2	ПЭ-0,33	11,5	ПЭ-1,35	14,5	ПЭ-1,35
З-да „РФ"[1,2,3]	1 650×2	ПЭ-0,2	19	ПЭ-1,0	20	ПБД-1,45
МС-1[1,3]	1 360×2	ПЭ-0,17	19+5	ПЭ-1,1	19+11	1,5+1,1
МС-2[1]	1 340×2	ПЭ-0,23	19+5	ПЭ-1,1	19+11	ПЭ-1,5
Т-3	1 500×2	ПЭ-0,18	11×2	ПЭ-1,15	11×2	ПЭ-1,6
ТС-6[6]	1 450×2	ПЭ-0,25	20+5	ПЭ-1,1	20+11	ПВД-1,75
ТС-8[6]	1 450×2	ПЭ-0,24	20+5	ПЭ-1,1	20+11	ПБД-1,75
ТС-9	1 400×2	ПЭ-0,12	18×2	ПЭ-0,8	21×2	ПЭ-1,2
ТС-12	1 360×2	ПЭ-0,2	9,5×5	ПЭ-1,0	10×2	ПЭ-1,4
ТС-14	1 900×2	ПЭ-0,15	16×2	ПЭ-1,0	16,5×2	ПЭ-1,3
ТС-22	1 340×2	ПЭ-0,2	7,5×2	ПЭ-1,08	8×2	ПЭ-1,56
ТС-25	2 100×2	ПЭ-0,1	26	ПЭ-1,0	26	ПЭ-1,16
ТС-26[1]	2 700	ПЭ-0,12	37	ПЭ-0,8	20×2	ПЭ-1,04
ТС-27[4]	930×4	ПЭ-0,27	—	—	—	—
ТС-28[5]	—	—	См. примечание 5		—	—
ТС-29[1,3]	1 270×2	ПЭ-0,25	7×2	ПЭ-1,15	7,5×2	ПЭ-1,9
ТС-39[1,2]	1 650×2	ПЭ-0,18	21+5	ПЭ-1,0	22+11	ПЭ-1,45+ПЭ-1,0
ТС-75[3,6]	1 430×2	ПЭ-0,18	18	ПЭ-1,0	9×2	ПЭ-1,8
РСТ-100[3]	1 150×2	ПЭБО-0,25	18+4	ПЭ-1,0	18+9	ПЭ-1,45
ТС-100[3,6]	1 150×2	ПЭ-0,25	14	ПЭ-1,0	7×2	ПБД-2,5
завода[1] „Мосрадио"	1 600×2	ПЭ-0,15	20	ПЭ-1,0	20	ПЭ-1,0

[1] Трансформатор имеет экранную обмотку.

[2] Сердечник собран на Г-образном железе.

[3] Трансформатор имеет отдельную обмотку для лампочек освещения шкалы.

[4] Мощный трансформатор для питания анодов ламп усилителей, передатчиков.

[5] Мощный трансформатор накала. Всего обмоток накала пять. Три обмотки по 14 витков проводом 1,5 *мм* дают по 4 *в*, одна обмотка в 21 виток из того же провода дает 6 *в*, одна обмотка в 21 виток из провода 1,9 *мм* дает также 6 *в*.

[6] Обмотки трансформаторов—галетного типа.

Таблица заимствована из „Справочника по радиотехнике" Г. Г. Гинкина, Госэнергоиздат, 1948.